

STUDY OF THE SOIL LOAD-SETTLEMENT CAPACITY ON THE NORTHWEST REGION OF RIO GRANDE DO SUL

Gabriel Immich, Felipe F. Kirschner, Luciana M. Cardoso, Bruna V. Bär, Carlos S. P. Wayhs

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias – DCEEng- Ijuí - RS

immichgabriel@yahoo.com.br, kirschnerfelipe@gmail.com,

luucianacardoso@hotmail.com, bruna.vogt@outlook.com, carlos.wayhs@unijui.edu.br

Abstract. The foundation design requires the professional a clear and objective definition regarding the safety of load capacity and settlement which the structure is subjected. One of the best methods to determine the soil deformation characteristics is the assay plates, because this test emulates the behavior of the future shallow foundation in a reduced scale. This study aims to improve the understanding of the regional northwest soil of Rio Grande do Sul regarding its load and settlement capacity by conducting plates assays, by using a 48cm and a 80cm diameter plate, plus SPT probe assays. This paper will present a comparison between the results obtained by plate assays and the values obtained by empirical and semi-empirical calculation methods for admissible strain, seeking to determine the best calculation methodology who presented the closest results of the real admissible strain given by the assay plates .

Palavras-chave: *Ensaios de placa, Tensão admissível, Recalque em Solos.*

1. INTRODUÇÃO

Essa pesquisa pertence a área de conhecimento de engenharia de fundações e pretende analisar a capacidade de carga e recalque de solos residuais do noroeste do Rio Grande do Sul quanto ao suporte de fundações superficiais.

Caputo [1], cita que para a realização de um projeto de fundações é importante obter o conhecimento da formação geológica local, das rochas, solos e minerais que o compõem, bem como a influência da água sob a superfície da crosta.

De acordo com Terzaghi e Peck [2], após estes estudos, o passo mais importante no projeto de uma fundação é a determinação da tensão máxima que pode ser aplicada no solo, sem causar a ocorrência

de ruptura do mesmo nem apresentar recalques excessivos.

Em vista disso, um estudo que compare os métodos de cálculo de capacidade de carga e ruptura utilizados pela engenharia, com os resultados obtidos nos ensaios de carregamento de placas, é vital para uma melhor compreensão das características do solo da região.

A pesquisa tem como objetivo melhorar a compreensão dos solos da região noroeste do Rio Grande do Sul quanto a sua capacidade de carga e recalque através da realização de ensaios de placas, utilizando-se placas de 48 e 80 cm de diâmetro, complementadas por de ensaios de penetração do amostrador padrão (sondagem SPT). Com a realização dos ensaios, apresenta-se uma comparação entre os resultados obtidos pelos ensaios de placas e os valores obtidos através de metodologias empíricas e semi-empíricas de cálculo para a tensão admissível e o recalque.

2. METODOLOGIA

Foram escolhidos os locais de realização dos ensaios de placa e das sondagens SPT (Standard Penetration Test) e destes locais, retiradas amostras do solo para realização de caracterização geotécnica do solo por meio de ensaios laboratoriais. Posteriormente analisou-se os resultados das curvas carga-recalque dos ensaios de placa, comparando-se com as estimativas fornecidas pelos métodos teóricos, empíricos e semi-empíricos de cálculo da capacidade de carga e recalque.

Os ensaios de placa foram realizados em cidades da região noroeste do Rio Grande do Sul. Utilizou-se duas placas, uma de 48 e outra de 80cm, e um macaco hidráulico com capacidade para 25 toneladas ativado por uma bomba hidráulica. Para isolar o sistema de leituras foi utilizado uma régua de alumínio com 3 metros de comprimento conforme especifica a ABNT [3] na NBR 6489/1996. E por último, com a função de medir as deformações decorrentes da reação da carga, empregou-se três deflectômetros apoiados nas placas em um ângulo de 120° e fixados na régua de alumínio.

Para a realização dos ensaios foi nivelado os terrenos e utilizado para cada estágio de aplicação de carga um máximo de 20% da taxa admissível provável do solo conforme recomenda a Ref. [3]. Os recalques foram medidos imediatamente após a aplicação da carga e após intervalos de tempo sucessivamente dobrados (1, 2, 4, 8, 15 minutos, etc.) até a estabilização do recalque com uma tolerância máxima de 5% do recalque total.

Para a estimativa da capacidade de carga, utilizou-se dois critérios reconhecidamente consagrados, o de Alonso [4] e o de Cudmani, citado por Russi [5]. O critério de Alonso estima que a tensão admissível seja o menor valor a partir da Eq. (1). Já o segundo critério, a partir da curva carga-recalque, adota-se a tensão de ruptura como sendo aquela correspondente a um recalque equivalente a $d/30$ onde d é o diâmetro da placa.

$$\sigma_{adm} \leq \begin{cases} \frac{\sigma_R}{2} \\ \sigma_{10} \\ \frac{\sigma_{25}}{2} \end{cases} \quad (1)$$

Para o cálculo da tensão admissível a partir do uso de valores da sondagem SPT (N_{SPT}) foram utilizados os métodos citados por Ruver [6] e Schnaid [7], sendo estes: a Teoria de Terzaghi com os fatores de correção de forma de De Beer; o método de Ruver; Teixeira e Godoy; Mello, e para a tensão admissível obtida pelo ensaio de

placas, foi considerado a média entre os dois critérios utilizados, Alonso e Cudmani.

Foram utilizados os seguintes métodos de estimativa de recalque e que podem ser encontrados em Ref. [6], como em livros tradicionais do estudo de Fundações Superficiais: Teoria da Elasticidade; método de Schultze e Sherif de 1973; método de Ruver de 2005; e método de Burland & Burbidge de 1985.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios foram realizados nas cidades de Coronel Barros, Ijuí e Santa Rosa localizadas na região noroeste do Rio Grande do Sul. Em cada um desses pontos foram realizados ensaios de placa, sondagens SPT e retirado amostras do solo para ensaios de caracterização geotécnica como de granulometria, limites de liquidez e plasticidade, compactação e índice de suporte Califórnia.

No ensaio de placa de Coronel Barros, foi utilizado como sistema de reação uma escavadeira hidráulica de 21 toneladas, o qual gerou a curva carga x recalque da Fig. 1 para a placa de 48cm.

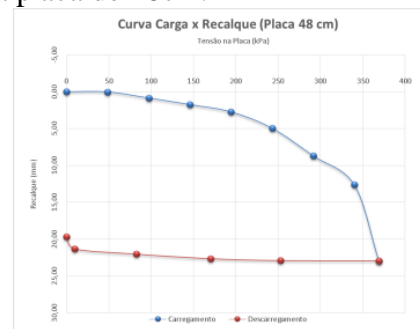


Figura 1. Curva carga-recalque Cor. Barros

O solo apresentou ruptura para um recalque de 22,98 mm para uma tensão de 369 kPa. Pelo critério de Alonso, obteve-se uma tensão admissível de 184,5 kPa para o solo estudado. No critério $d/30$, para um recalque de 16 mm tem-se um valor de tensão ruptura de 352 kPa, o qual dividido pelo coeficiente de segurança de acordo com a ABNT [8] na NBR 6122 de valor 2, tem-se 176 kPa.

No ensaio de placas em Ijuí também foi utilizado como sistema de reação uma escavadeira hidráulica de 21 toneladas, gerando a curva carga recalque da Fig. 2 para a placa de 48 cm, já para a placa de 80 cm o sistema de reação não foi capaz de levar o solo a ruptura. Para determinar a carga de ruptura para a placa de 80 cm, realizou-se uma extrapolação da curva, multiplicando-se por 800 o valor em mm das leituras da placa de 48 cm e comparando com os valores obtidos no ensaio com a placa de 80. Percebe-se um comportamento semelhante entre as duas placas até o limite de carregamento que foi possível na placa de 80 cm, conforme observa-se na Fig. 3.

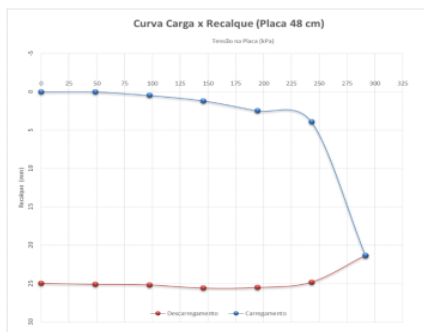


Figura 2. Curva carga-recalque Ijuí

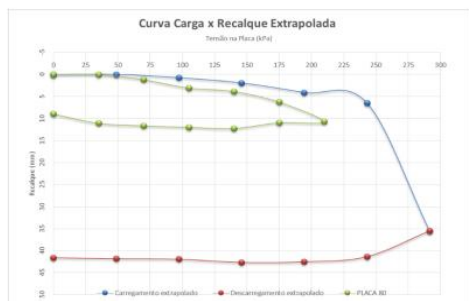


Figura 3. Curva carga-recalque Ijuí

Seguindo o critério de Alonso da Ref. [4], o solo apresentou ruptura para um recalque de 21,31 mm, para uma tensão de 292 kPa, sendo assim a tensão admissível de 146 kPa. Pelo critério de Cudmani, conforme Ref. [5] para um recalque de 16 mm o valor de tensão de ruptura foi 278 kPa, obtendo-se para tensão admissível o valor de 139 kPa.

Finalmente, o ensaio de placas executado em Santa Rosa gerou a curva carga recalque da Fig. 4 para a placa de 48 cm. Da mesma forma que em Ijuí, para a

placa de 80 cm o sistema de reação não foi capaz de levar o solo a ruptura. Portanto se realizou a extrapolação da curva carga recalque para conforme a Fig. 5.

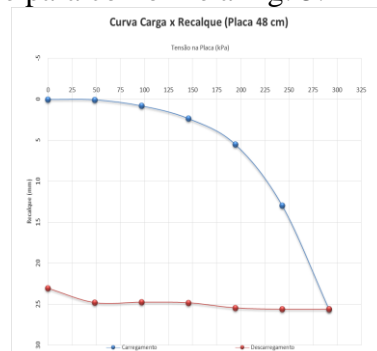


Figura 4. Curva carga-recalque Santa Rosa

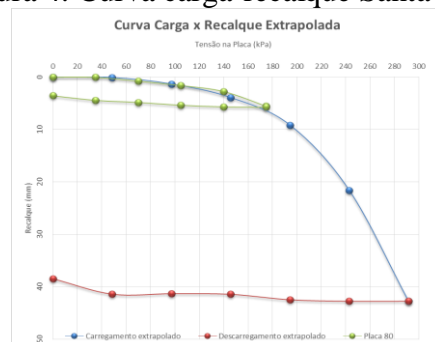


Figura 5. Curva carga-recalque Santa Rosa

Seguindo o critério citado pela Ref. [4], a tensão de ruptura foi de 292 kPa, para um recalque de 25,63 mm. A tensão para o recalque de 25 mm foi de 289 kPa, e para recalque de 10mm foi de 227 kPa. Assim obteve-se a tensão admissível de 144,5 kPa. Já pelo critério de Cudmani conforme Russi [5] para o recalque de 16mm o valor de tensão foi 256 kPa, fazendo com que a tensão admissível fosse de 128 kPa.

Também foi realizado sondagens SPT nos três locais, conforme a ABNT [9] na NBR 6502, considerou-se como valor representativo do NSPT, o valor médio na profundidade de duas vezes o diâmetro da placa. Assim, obteve-se para Coronel Barros os valores de 9 para placa de 48 cm e de 9,5 para a placa de 80, para Ijuí os valores de 7 para placa de 48 cm e de 7,25 para placa de 80 cm, e para Santa Rosa os valores de 8, para a placa de 48 cm, e de 7,5 para a placa de 80 cm.

Para o cálculo da tensão admissível foi utilizado os métodos citados no item 2, obtendo-se assim os resultados para os

métodos descritos conforme apresenta-se na Tabela 1.

Tabela 1. Tensão admissível

Método Tensão Admissível	Coronel Barros	Ijuí	Santa Rosa
	Tensão (kPa)	Tensão (kPa)	Tensão (kPa)
Ensaio Placa 48cm	180,25	142,5	136,25
Terzaghi	223,60	181,63	223,60
Teixeira	180	140	160
Mello	282,84	244,95	264,58
Ruver	103,03	80,14	40,07
Ruver lim.sup	160,77	135,22	137,78
Ruver lim. inf	56,74	30,77	85,86

Para o recalque, apurou-se que os valores estimados pela Teoria da Elasticidade e o limite médio do Método de Ruver de 2005 apresentam linhas praticamente iguais enquanto o solo se comporta de forma elástica (até cerca de 50 % da tensão de ruptura) para todos os três casos de estudo. Os cálculos realizados e os resultados obtidos encontram-se detalhados em Vogt [10].

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados expostos na Tabela 1, comparando-se com o resultado de tensão admissível determinado pelo ensaio de placa de 48 cm, conclui-se que o valor superior da tensão admissível obtido através do método de Ruver e pelo método de Teixeira e Godoy (1998) apresentam uma similaridade muito próxima dos valores de tensão admissível obtidos pelos ensaios de placa. Já para o recalque, os valores apresentados pela Teoria da Elasticidade e o limite médio do Método de Ruver apresentam comportamento muito semelhante ao do solo na fase elástica (até cerca de 50 % da tensão de ruptura) para todos os casos de estudo, e estes apresentaram o melhor desempenho de estimativa. Todas as rupturas ocorreram por punção.

Na sequência da pesquisa, pretende-se realizar ensaios de placa, sondagens SPT e caracterizações geotécnicas em outros solos de forma a poder-se comparar e aferir se as tendências aqui já relatadas se mantêm, permitindo uma melhor compreensão das características dos solos da região para uso em fundações superficiais.

REFERÊNCIAS

- [9] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995. 18p.
- [3] _____. NBR 6489: Prova de Carga Direta sobre Terreno de Fundação. Rio de Janeiro, 1996. 2 p.
- [8] _____. NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010. 91p.
- [10] B. Vogt. Estudo da Capacidade de Carga e Recalque dos Solos Residuais do Noroeste do Rio Grande do Sul, Monografia (Graduação em Engenharia Civil), UNIJUÍ, Ijuí, 2015. 107p.
- [6] C. A. Ruver. “Determinação do Comportamento Carga-Recalque de Sapatas m Solos Residuais a partir de Ensaio SPT”. 2005. 179 f. Dissertação, UFRGS, Porto Alegre, 2005.
- [5] D. Russi. “Estudo do comportamento de solos traves de ensaios de placa de diferentes diâmetros”. 2007. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFSM, Santa Maria, 2007.
- [7] F. Schnaid and E. Odebrecht. Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. P. 223.
- [1] H. P. Caputo. Mecânica dos solos e suas aplicações: Fundamentos. 6. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988. 234 p.
- [2] K. Terzaghi and R.B. Peck. Mecânica dos solos na pratica da engenharia. Tradução Antônio José da costa nunes e Maria de Lourdes campos campelo. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1962. p. 501.
- [4] U.R. Alonso. Exercícios de fundações. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2012. p. 204.